

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ КОЛЕБАНИЙ ПРИЕМНОЙ ВЕТВИ ОТДЕЛИТЕЛЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПРИМЕСЕЙ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

**Портянко Г.Н., к.г.н., доцент, Портянко Е.Г. аспирантка**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь*

В статье приведено теоретическое обоснование основных конструктивных и кинематических параметров влияющих на работу отделителя крупногабаритных примесей картофелеуборочного комбайна с кулачковым встряхивателем приемной ветви рабочей поверхности.

### Введение

Разработанная в БГАТУ конструкция отделителя крупногабаритных примесей (рисунок 1) включает ботвоудаляющий валок 1, ботвонаправляющие прутки 2, приемный фартук 3, ячеистый редкопрутковый транспортер 4, кулачковый встряхиватель 5, задерживающий фартук 6, транспортирующий орган 7.

Ячеистая поверхность образована поперечными прутками редкопруткового транспортера и установленными на них продольными эластичными элементами, расстояние между которыми можно изменять путем перемещения зажимов по пруткам относительно продольной оси транспортера.

Рабочая поверхность отделителя выполнена с перепадом. Величину перепада можно изменять путем поворота и фиксации рычага блока роликов перепада.

Для интенсификации процесса разделения вороха и исключения потерь верхние поддерживающие ролики перепада выполнены в виде эллиптических кулачков, что позволяет получить продольные и вертикальные колебания наиболее нагруженной рабочей части редкопруткового транспортера до перепада. При этом компенсация изменения длины транспортера осуществляется за счет того, что нижняя передняя пара поддерживающих роликов транспортера крепится к раме шарнирно и подпружинена.

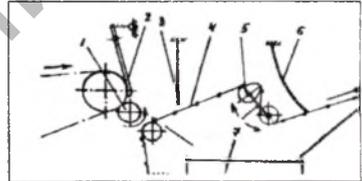


Рисунок 1 – Отделитель крупногабаритных примесей 1 – валок ботвоудаляющий; 2 – прутки ботвонаправляющие; 3 – фартук приемный; 4 – транспортер ячеистый; 5 – встряхиватель кулачковый; 6 – фартук задерживающий; 7 – транспортирующий орган.

Работает отделитель следующим образом. Ботва и другие растительные примеси, находящиеся в поступающем с сепарирующего элеватора ворохе, задерживаются ботвонаправляющими прутками, подаются к ботвоудаляющему валуку, зацемяются между ним и прутками элеватора и выбрасываются на поверхность поля под машину. Клубни, камни, корневища пырея и другие примеси поступают через просветы между ботвонаправляющими прутками (или отклоняют эти прутки) на приемный фартук, который гасит скорость их движения, а с него на рабочую поверхность отделителя.

По мере продвижения вороха по ячеистой поверхности клубни и соразмерные с ними примеси проваливаются в ячейки и попадают на транспортирующий орган, который подает их на рабочие органы вторичной сепарации. Клубни, находящиеся на поверхности крупных примесей, в зоне перепада скатываются с них и проходят в свободные ячейки, а примеси, размеры которых больше размеров ячеек движутся под задерживающим фартуком, исключая вынос клубней, и выбрасываются на уборное поле позади машины.

Для определения минимальной высоты перепада рабочей поверхности, дальности полета клубней, а также других конструктивных и кинематических параметров устройства проведем теоретические исследования прохода примеси по перепаду.

### Основная часть

Наиболее неблагоприятным телом с точки зрения переворота на перепаде, является тело прямоугольной формы. Поскольку, в технологическом ворохе картофелеуборочного комбайна часто встре-



Так как, касательная сила инерции в переносном движении  $F_r = m \cdot \ddot{\epsilon} \cdot OC$ , то проекции ее на оси  $OX$  и  $OY$  будут равны:

$$F_{rx} = m \cdot \ddot{\epsilon} \cdot (R + a), \quad (10)$$

$$F_{ry} = m \cdot \ddot{\epsilon} \cdot (X_0 + S + \epsilon \cdot R). \quad (11)$$

Проекция Кориолисовой силы инерции на оси  $OX$  и  $OY$  равны:

$$F_{cx} = 0, \quad (12)$$

$$F_{cy} = 2m \cdot (\omega - \dot{\epsilon}) \cdot (S + \dot{\epsilon} \cdot R). \quad (13)$$

Запишем также выражение момента сил инерции в переносном движении относительно центра тяжести пласта:

$$M_u = I \cdot \ddot{\epsilon}, \quad (14)$$

где  $I$  - момент инерции пласта относительно центра тяжести, кг м<sup>2</sup>.

На основании принципа Даламбера составляем уравнение равновесия системы:

$$G_x + F_{rx} + F_{cx} - F_{ux} - F_{mp} = 0, \quad (15)$$

$$-G_y + F_{ry} - F_{cy} + F_{cy} + N = 0, \quad (16)$$

$$F_{mp} \cdot a + N \cdot X_c + M_u = 0. \quad (17)$$

После подстановки значений величин входящих в уравнения (15...17) и преобразования получаем:

$$g \cdot \sin(\omega t - \epsilon - \beta) + (\omega - \dot{\epsilon})^2 \cdot (x_0 + S + \epsilon \cdot R) + \ddot{\epsilon} \cdot a - \ddot{S} - F_{mp} / m = 0, \quad (18)$$

$$-g \cos(\omega t - \epsilon - \beta) + (\omega - \dot{\epsilon})^2 (R + a) - \ddot{\epsilon}(x_0 + S + \epsilon R) + 2(\omega - \dot{\epsilon})(\dot{S} + \dot{\epsilon}R) + N / m = 0, \quad (19)$$

$$F_{mp} \cdot a / m + N(x_0 + S + \epsilon \cdot R) / m + I^2 \cdot \ddot{\epsilon} = 0, \quad (20)$$

где  $I$  - радиус инерции, м.

Далее для решения поставленной задачи необходимо рассмотреть два случая движения пласта по транспортеру в зоне перепада и падение его после отрыва.

1. Движение без проскальзывания происходит при условии:

$$\frac{F_{mp}}{N} \leq f, \quad (21)$$

где:  $f$  - коэффициент трения пласта по элеватору.

При этом  $\dot{S} = 0; \ddot{S} = 0; \ddot{S} = 0$ .

Тогда

$$F_{mp} / m = g \cdot \sin(\omega t - \epsilon - \beta) + (\omega - \dot{\epsilon})^2 (x_0 + \epsilon \cdot R) + \ddot{\epsilon} \cdot a, \quad (22)$$

$$N / m = g \cdot \cos(\omega t - \epsilon - \beta) - (\omega - \dot{\epsilon})^2 (R + a) + \ddot{\epsilon}(x_0 + \epsilon \cdot R) - 2(\omega - \dot{\epsilon}) \cdot \dot{\epsilon}R. \quad (23)$$

Подставляя значения выражений (22) и (23) в уравнения (18...20), после преобразования, получим выражение для определения ускорения.

$$\ddot{\epsilon} = \frac{[(\omega^2 - \dot{\epsilon}^2) \cdot R - g \cos(\omega t - \epsilon - \beta)] \cdot (x_0 + \epsilon \cdot R) - g \cdot a \cdot \sin(\omega t - \epsilon - \beta)}{a^2 + I^2 + (x_0 + \epsilon \cdot R)^2}. \quad (24)$$

Аналитическим методом решить данное уравнение не представляется возможным. Поэтому, для решения его численным методом на ЭВМ запишем начальные условия  $t = 0, \epsilon = 0, \dot{\epsilon} = \omega, \omega = V_T / R, x_0 = a \cdot \operatorname{tg} \beta, I^2 = (a^2 + b^2) / 3$ .

2. Движение с проскальзыванием происходит при условии:  $F_{mp} = f \cdot N$ . (25)

Запишем уравнения (18...20) с учетом условия (25):

$$N / m = g \cdot \cos(\omega t - \epsilon - \beta) - (\omega - \dot{\epsilon})^2 (R + a) + \ddot{\epsilon}(x_0 + S + \epsilon \cdot R) - 2(\omega - \dot{\epsilon})(\dot{S} + \dot{\epsilon}R), \quad (26)$$

$$g \cdot \sin(\omega t - \epsilon - \beta) + (\omega - \dot{\epsilon})^2 \cdot (x_0 + S + \epsilon \cdot R) + \ddot{\epsilon} \cdot a - \ddot{S} - \frac{N}{m} \cdot f = 0, \quad (27)$$

$$\frac{N}{m} \cdot (a \cdot f + x_0 + S + \epsilon \cdot R) + I^2 \cdot \ddot{\epsilon} = 0. \quad (28)$$

Подставим значения выражения (26) в уравнения (27) и (28),

$$[g \cos(\omega t - \epsilon - \beta) - (\omega - \dot{\epsilon})^2 (R + a) + \ddot{\epsilon}(x_0 + S + \epsilon R) - 2(\omega - \dot{\epsilon})(\dot{S} + \dot{\epsilon}R)] \times \\ \times (a \cdot f + x_0 + S + \epsilon \cdot R) + I^2 \cdot \ddot{\epsilon} = 0. \quad (29)$$

$$g \sin(\omega t - \epsilon - \beta) + (\omega - \dot{\epsilon})^2 (x_0 + S + \epsilon R) + \ddot{\epsilon}a - \ddot{S} - f[g \cos(\omega t - \epsilon - \beta) - (\omega - \dot{\epsilon})^2 \times \\ \times (R + a) + \ddot{\epsilon}(x_0 + S + \epsilon \cdot R) - 2(\omega - \dot{\epsilon})(\dot{S} + \dot{\epsilon}R)] = 0. \quad (30)$$

После преобразования выражения (29) получим:

$$\ddot{\epsilon} = \frac{[(\omega - \dot{\epsilon})^2 (R + a) + 2(\omega - \dot{\epsilon})(\dot{S} + \dot{\epsilon}R) - g \cos(\omega t - \epsilon - \beta)] \cdot (af + x_0 + S + \epsilon R)}{(x_0 + S + \epsilon R)(a \cdot f + x_0 + S + \epsilon R) + I^2}. \quad (31)$$

Из выражения (30) выразим  $\ddot{S}$  - ускорение проскальзывания, и после подстановки в него выражения (31) и преобразования получим окончательное выражение для определения ускорения проскальзывания.

$$\ddot{S} = g \cdot \sin(\omega t - \varepsilon - \beta) + (\omega - \dot{\varepsilon})^2 \cdot (x_0 + S + \varepsilon R) + [a(x_0 + S + \varepsilon R + af) + f \cdot I^2] \times \frac{(\omega - \dot{\varepsilon})^2 (R + a) 2(\omega - \dot{\varepsilon})(S + \varepsilon R) - g \cos(\omega t - \varepsilon - \beta)}{(x_0 + S + \varepsilon R)(x_0 + S + \varepsilon R + a \cdot f) + I^2} \quad (32)$$

3. Свободное падение пласта после отрыва.

Запишем уравнения движения пласта после отрыва от транспортера в координатах  $X_1 O Y_1$ .

$$X_1 = X_{10} + V_{ox1} \cdot t_1 - \frac{g \cdot t_1^2}{2} \cdot \sin \theta, \quad (33)$$

$$Y_1 = Y_{10} + V_{oy1} \cdot t_1 + \frac{g \cdot t_1^2}{2} \cdot \cos \theta, \quad (34)$$

$$\varphi = \varphi_0 + (\omega - \dot{\varepsilon}) \cdot t_1, \quad (35)$$

где  $X_{10}, Y_{10}$  - начальные координаты;  $V_{ox1}, V_{oy1}$  - проекции начальной скорости в момент отрыва на оси  $O X_1$  и  $O Y_1$ ;  $\theta$  - угол наклона приемной ветви транспортера;  $t_1$  - время полета после отрыва;  $\varphi_0 = \omega t - \varepsilon - \beta$  - угол поворота в момент отрыва.

$$\text{Угол} \quad \gamma = \arctg \frac{x_0 + S + \varepsilon R}{R + a}, \quad (36)$$

$$OC = \sqrt{(R + a)^2 + (x_0 + S + \varepsilon R)^2}. \quad (37)$$

Координаты центра пласта момент отрыва в системе координат  $X_1 O Y_1$  определяются по выражениям:

$$X_{o1} = OC \cdot \cos \psi, \quad (38)$$

$$Y_{o1} = -OC \cdot \sin \psi, \quad (39)$$

где  $\psi = \frac{\pi}{2} - (\theta + \omega t - \beta - \varepsilon + \gamma)$ .

Скорость  $V_c$  центра пласта в переносном движении будет:

$$V_c = (\omega - \dot{\varepsilon}) \cdot OC. \quad (40)$$

Проекции абсолютной скорости пласта на оси координат  $X_1 O Y_1$  будут равны:

$$V_{ox1} = (\omega - \dot{\varepsilon}) \cdot OC \cdot \sin \psi + \dot{X}_c \cdot \sin(\gamma + \psi), \quad (41)$$

$$V_{oy1} = (\omega - \dot{\varepsilon}) \cdot OC \cdot \cos \psi + \dot{X}_c \cdot \cos(\gamma + \psi). \quad (42)$$

Предполагаем, что клубень, находящийся на поверхности пласта, начинает скатываться с него, в момент достижения последним угла наклона к горизонту, равным углу трения клубня о пласт  $\varphi = \arctg f_{\text{ст}}$ .

Тогда время полета пласта с момента отрыва до удара об элеватор в точке  $D$  определяем из выражения (35):

$$t_1 = \frac{\arctg f_{\text{ст}} - \varphi_0}{\omega - \dot{\varepsilon}}. \quad (43)$$

С учетом этого выражения запишем координаты центра тяжести пласта в момент удара согласно выражений (33) и (34):

$$X_1 = X_{o1} + V_{ox1} \frac{\arctg f_{\text{ст}} - \varphi_0}{\omega - \dot{\varepsilon}} - \frac{g}{2} \cdot \left( \frac{\arctg f_{\text{ст}} - \varphi_0}{\omega - \dot{\varepsilon}} \right)^2 \cdot \sin \theta, \quad (44)$$

$$Y_1 = Y_{o1} + V_{oy1} \frac{\arctg f_{\text{ст}} - \varphi_0}{\omega - \dot{\varepsilon}} + \frac{g}{2} \cdot \left( \frac{\arctg f_{\text{ст}} - \varphi_0}{\omega - \dot{\varepsilon}} \right)^2 \cdot \cos \theta. \quad (45)$$

Тогда высота перепада

$$H = R + Y_1 + \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \sin(\varphi + \theta + \mu), \quad (46)$$

где  $\mu = \arctg \frac{a}{b}$ .

Расстояние  $L$  до точки падения пласта  $D$  равно:

$$L = X_1 + \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \cos(\varphi + \theta + \mu). \quad (47)$$

## Заклученне

Таким образом, в результате теоретических исследований нами определены выражения для определения основных конструктивных и кинематических параметров влияющих на работу отделителя крупногабаритных примесей картофелеуборочного комбайна с кулачковым встряхивателем примесной ветви рабочей поверхности.

УДК 631.362.3: 633.491

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ КАЛИБРУЮЩИХ ЯЧЕЕК В ПЛАНЧАТОМ ТРАНСПОРТЁРЕ

Еднач В.Н. ст. преподаватель, Белый С.Р. ст. преподаватель, Гончарко А.А. ст. преподаватель  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь

В статье рассмотрены вопросы регулировки размеров калибровальных щелей картофелесортировальной машины в зависимости от конструкции рабочих органов.

#### Введение

Цикл послеуборочной переработки картофеля является одним из важнейших в процессе производства картофеля, поскольку он непосредственно связан внешним видом продукта и его ценой. В данном цикле немаловажное значение имеет операция разделения клубней картофеля на фракции. В представленном вам докладе рассматриваются некоторые из основных факторов влияющих на точность разделения клубней по фракциям.

#### Основная часть

Точность разделения клубней картофеля на фракции является одним из основных показателей эффективности работы сортировальной машины и оказывает существенное влияние на её производительность. Поэтому вопрос определения оптимальной формы калибрующих отверстий весьма актуален.

Агротехнические требования, предъявляемым к машинам для послеуборочной переработке картофеля ограничивают количество клубней смежных фракций друг в друге, и оно не должно превышать 10%.

Требования достигаются путём регулирования размеров калибрующих отверстий на калибраторах или сортировальных установках.

Параметры регулирования калибрующих отверстий рассмотрено многими учёными, однако следует отметить, что каждый сорт картофеля имеет особенности своих параметров, которые можно определить, используя корреляционные таблицы.

Размерно-весовые характеристики клубней различных сортов отличаются одна от другой. Поэтому для получения высокого качества сортирования на одних и тех же рабочих органах следует предусмотреть регулирование калибрующих отверстий /1/.

Таблица 1 – Пределы регулирования калибрующих отверстий

Вид калибрующего отверстия	Отверстия для отделения средних клубней от мелких в мм	Отверстия для отделения крупных клубней от средних мм
Продолговатое или щель	28 - 40	38 - 60
Круглое	31 - 49	43 - 66
Квадратное	(30x30) – (40x40)	(30x40) – (50x50)

На кафедре «Сельскохозяйственные машины» БГАТУ, разработана сортировальная поверхность в виде планчатого транспортёра с возможностью регулирования калибровочных зазоров выделяемых фракций.

Нами установлена зависимость ширины калибрующей щели от угла наклона оси планки к плоскости сортирующей поверхности схема взаимного расположения двух планок приведена ниже.

Расстояние между точками А и D равно ширине щели для калибрования средней фракции, К ширина щели для мелкой фракции. При этом угол АВС равен 90°, а калибрующие щели малы.